

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Regis Radaelli

**ANÁLISE POR IMAGEM DE ULTRASSONOGRRAFIA DO DANO MUSCULAR
NOS FLEXORES DE COTOVELO DE MULHERES JOVENS**

Porto Alegre

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Regis Radaelli

**ANÁLISE POR IMAGEM DE ULTRASSONOGRRAFIA DO DANO MUSCULAR
NOS FLEXORES DE COTOVELO DE MULHERES JOVENS**

Monografia apresentada à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito para a conclusão do curso de Licenciatura em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira pinto

Porto Alegre

2010

Regis Radaelli

**ANÁLISE POR IMAGEM DE ULTRASSONOGRRAFIA DO DANO MUSCULAR
NOS FLEXORES DE COTOVELO DE MULHERES JOVENS**

Conceito Final:

Aprovado em _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____-UFRGS

Orientador – Prof.Dr. Ronei Silveira Pinto - UFRGS

AGRADECIMENTO

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Lidio Radaelli e Lucia Franskoviaki Radaelli por tudo que fizeram por mim, pelo seu amor imensurável e por me mostrarem o conceito de pai e mãe

Agradeço as minhas irmãs Beridiana Radaelli e Darléia Radaelli e a minha sobrinha Bruna Radaelli por toda a ajuda e por me ajudarem a entender o conceito de família.

Gostaria de agradecer a todos os professores que tive ao longo da jornada acadêmica, mas, sobretudo ao meu professor orientador Ronei Silveira Pinto pela orientação não apenas neste trabalho mas em todos os trabalhos os quais realizei, e por confiar em minhas capacidades.

Agradeço aos sujeitos voluntários para o desenvolvimento desse projeto ao grande amigo e pesquisador Eurico Nestor Wilhelm Neto e aos funcionários do LAPEX, por fazerem esta pesquisa possível.

Por fim, agradeço aos familiares, amigos, colegas de grupo e a todos aqueles que me ajudaram ao longo dessa graduação.

RESUMO

Entre as variáveis agudas que determinam as adaptações do treinamento de força está o intervalo entre as sessões de treinamento. Apesar da importância desta variável na elaboração de programas de treinamento de força muscular, ainda não está bem estabelecido o tempo de recuperação ideal entre uma sessão e outra. Sendo assim, objetivo do presente estudo foi analisar o dano muscular (DM) provocado por uma sessão de treinamento de força convencional, bem como o período de recuperação a esse protocolo de exercício em mulheres jovens destreinadas em força. A amostra do estudo foi composta por oito mulheres jovens, sem experiência com treinamento de força. O protocolo da sessão de treinamento foi composto de quatro séries de 10 repetições de flexão de cotovelo a 80% de uma repetição máxima (1RM) realizadas em um *banco Scott*, apenas com o braço dominante. As variáveis utilizadas para avaliar o DM foi a produção de força isométrica, circunferência do braço (CIRC), espessura muscular (EM), dor muscular e a *echo intensity* avaliada por ultrassonografia. Valores relativos às variáveis utilizadas para avaliar o DM muscular foram obtidos nos períodos: pré, imediatamente após, 24h, 48h e 72 após o exercício. Para avaliar a alteração nos marcadores indiretos de DM foi utilizado um teste ANOVA para medidas repetidas e *post hoc* LSD. Os resultados demonstraram que com exceção da dor muscular, todos os outros marcadores indiretos de DM não haviam retornado aos níveis pré-exercício após 72 de recuperação. Esses resultados sugerem uma maior atenção aos períodos de recuperação entre uma sessão e outra de treinamento de força, sobretudo no período inicial do programa de treinamento.

Sumário

INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
Dano muscular.....	3
OBJETIVOS.....	10
Objetivo geral.....	10
Objetivos específicos.....	10
MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
Problemas da pesquisa.....	11
Hipóteses.....	11
Definição operacional das variáveis.....	11
Variáveis dependentes.....	11
Variáveis independentes.....	11
Delineamento da pesquisa	11
POPULAÇÃO	12
Amostra.....	12
Critérios de inclusão.....	13
PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO.....	13
Desenho experimental.....	15
Teste de uma repetição máxima.....	16
Sessão de treinamento.....	17
Avaliação da produção de força isométrica.....	18
Avaliação da circunferência.....	18
Avaliação da espessura muscular.....	19
Avaliação do nível de dor muscular tardia.....	19
Avaliação do dano muscular por ultrassonografia.....	20
Tratamento dos valores de produção de força isométrica.....	20
Tratamento dos valores de espessura muscular.....	21
Tratamento dos valores de dor muscular.....	21

Tratamento dos valores de uma repetição máxima.....	21
INSTRUMENTO PARA COLETAS DE DADOS.....	22
Banco Scott.....	22
Dinamômetro isocinético.....	22
Fita métrica.....	22
Escala de dor muscular tardia.....	22
Ultrassom.....	22
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
RESULTADOS.....	23
DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
ANEXO 1.....	45
Termo de consentimento livre e esclarecido.....	45

Introdução

Já está bem estabelecido que contrações excêntricas promovem dano muscular (NEWHAM et al. 1981; FRIDEN et al. 1983). Deste modo, o treinamento de força em que contrações excêntricas são realizadas também é capaz de induzir dano muscular, sobretudo nas fases iniciais de treinamento. Portanto, seria de grande importância conhecer o período de tempo necessário para a diminuição significativa do nível de dano muscular para a realização da próxima sessão de treinamento de força pelo sujeito. Períodos ineficientes períodos de recuperação entre as sessões de treinamento podem prejudicar as sessões seguintes e os objetivos do indivíduo, bem como provocar danos musculares mais sérios. Nesta perspectiva, o período de recuperação entre as sessões de treino parece ser uma das variáveis agudas que interferem nos resultados decorrentes do treino de força (SAIIES et al. 2009). Entretanto, o intervalo de recuperação ideal entre uma sessão e outra de treinamento de força, de modo a promover a recuperação adequada do músculo ainda não está muito bem estabelecido (ROBINSON et al. 1995; Richmond e Godard 2004).

O dano muscular provocado pelo treinamento de força, sobretudo na fase inicial do período de treinamento deve-se, em grande parte, às contrações excêntricas (NOSAKA et al. 2003; BYRNE et al. 2004). O dano muscular está associado a micro-lesões no tecido músculo-esquelético, como ruptura de sarcômeros nas miofibrilas, seguido pelo processo inflamatório e dor muscular tardia (Clarkson e sayers 1999; Proske e Morgan 2001). Marcadores indiretos de dano muscular como decréscimo na produção de força isométrica (ARMSTRONG 1990; Lieber e Fridén 1993), dor muscular tardia (Nosaka e Newton 2002; NOSAKA et al 2002a), bem como aumento

na echo-intensity das imagens obtidas por ultrassonografia (NOSAKA et al. 2002a; CHAPMAN et al. 2008) são freqüentemente utilizados.

O processo de dano muscular causado durante o treinamento repercute de maneira negativa na excitação-contração do músculo, reduzindo a capacidade de produção de força do indivíduo (ALLEN 2001). Esse fato proporciona um decréscimo no volume final de treinamento desse indivíduo, sendo que o volume é uma das variáveis mais importantes nas adaptações ao treinamento de força (ROBINSON et al. 1995; KOK et al. 1999). Assim, a realização de sessões de treinamento nos períodos em que ainda não houve redução significativa do dano muscular podem ser prejudiciais para hipertrofia muscular e ganhos relacionados à produção de força, além disso podem ocasionar lesões mais serias nos indivíduos.

Vários estudos já observaram o comportamento do dano muscular após protocolos de exercício (STUPAK et al. 2001; Lavender e Nosaka 2007; CHEN et al. 2009;), de modo a analisar a curva de recuperação. Sendo que a maioria utilizou contrações excêntricas máximas para provocar dano muscular. Contudo, durante grande parte o treinamento de força são realizadas apenas contrações excêntricas sub-máximas, as quais proporcionam uma magnitude de dano menor em relação à contrações máximas (Nosaka e Newton 2002a; Nosaka e newton 2001; CHEN et al. 2007). Sendo assim, a magnitude de dano muscular e o tempo de recuperação do tecido esquelético danificado em resposta a uma sessão de treinamento de força podem não estar representados na mesma magnitude de quando se realizam contrações excêntricas máximas.

A partir das considerações acima, o objetivo do presente estudo foi analisar o DM provocado por uma sessão de treinamento de força convencional, bem

como o período de recuperação a esse protocolo de exercício em mulheres jovens destreinadas em força.

REVISÃO DE LITERATURA

Dano muscular

Um dos primeiros estudos a observar o dano muscular (DM) induzido pelo exercício foi publicado por Hough no ano de 1902. Nesse estudo, o autor descreve o processo de dor muscular tardia (DMT) nos sujeitos e sugere que esse processo ocorreu devido à micro-lesões no tecido muscular induzidas pelo exercício. Subseqüente a esse trabalho, apenas na década de 80 começaram a surgir trabalhos com o intuito de descrever o dano muscular de maneira mais detalhada. O estudo de Fridén et al. (1981) foi um dos primeiros a relatar anormalidades no sarcômero, principalmente nas linhas Z, após examinar por meio de biópsia células do músculo sóleo. Seguindo estes dois trabalhos, foram publicados na literatura um expressivo número de trabalhos com o objetivo de entender e descrever o processo de dano muscular.

Atualmente, na literatura há um consenso que o DM induzido pelo exercício é ocasionado em grande parte pelas contrações excêntricas (WARREN et al. 1993; FAULKNER et al. 1993; CUTLIP et al. 2009). Essa maior magnitude de DM causado pelas contrações excêntricas em relação a contrações concêntricas e isométricas já foi descrita em alguns trabalhos (JONES et al. 1986; FAULKNER et al. 1993; Proske e Morgan 1999). O maior DM causado pelas contrações excêntricas deve se ao fato

de que durante contrações excêntricas alguns sarcômeros são forçados a alongar além do seu comprimento, o que resultaria em um alongamento excessivo, danificando essa estrutura e gerando assim o processo de DM. Outra hipótese para o DM se baseia no fato de que durante a produção de força excêntrica é recrutado um menor número de unidades motoras em relação a contrações concêntricas e isométricas (ENOKA 1996; POTVIN 1997). Entretanto, durante a contração excêntrica é gerado alto grau de tensão (EDMAN et al. 1978; Webber e Kriellaars 1997). Sendo assim, essa combinação de alta produção de tensão e baixo recrutamento de fibras musculares resulta em um processo de estresse mecânico nas estruturas musculares envolvidas, preferencialmente nas fibras tipo II, predispondo o músculo ao DM (BYREN et al. 2004). Nessa lógica, Moritani et al. (1988) propuseram que o dano muscular observado nos músculos flexores de cotovelo ocorreu em razão do alto estresse nas poucas fibras musculares ativadas durante repetidas contrações excêntricas. Em nível estrutural dos sarcômeros, DM está associado a uma desorganização dos sarcômeros, principalmente nas linhas Z (FRIDEN et al. 1983). As linhas Z são as estruturas mais vulneráveis ao DM induzido pelo exercício. Além disso, tem sido observado dano também em estruturas como o sarcolema e túbulos T (Fridén e Lieber 2000; ROTH et al. 1999). Somado a isso, há um aumento de proteínas musculares circulantes, principalmente creatina cinase e mioglobina (BYRNE et al. 2000; Nosaka e Newton 2002; NOSAKA et al. 2005; CHEN et al. 2007; CHEN et al. 2009). O DM repercute de várias maneiras, sendo que está bem documentado que o processo inflamatório, decréscimo na produção de força, aumento na circunferência do membro que realizou o exercício, dor muscular e o aumento na *echo-intensity* das imagens obtidas por ultrassonografia estão associadas ao DM e freqüentemente são avaliados como

marcadores indiretos de dano muscular Nosaka e Clarkson 1996; Hortobágyi et al. 1998; Nosaka et al. 2005; Chen et al. 2010).

A cronologia dos fatos que levam ao processo inflamatório foi descrita em alguns estudos (ARMSTRONG et al 1984; Smith e Jackson 1990; SMITH 1991). O processo inflamatório inicia após a ruptura de proteínas estruturais das células musculares, principalmente as linhas Z, o tecido conectivo e os sarcolemas. O dano muscular aos sarcolemas resulta em um acúmulo de cálcio que acaba por inibir a respiração celular. Assim, a produção de ATP e a cálcio homeostase são prejudicadas. As altas concentrações de cálcio ativam as enzimas proteolíticas dependentes de cálcio, que degradam as linhas Z dos sarcômeros, troponina e tropomiosina. Dentro de poucas horas acontece um significativo aumento de neutrófilos circulantes. Componentes intracelulares e marcadores de dano no tecido muscular conectivo (creatina cinase e mioglobina) difundem-se no plasma. Essas substâncias atraem os monócitos que, entre seis e 12 horas, por sua vez diferenciam-se em macrófagos. O número de monócitos e macrófagos atinge seu pico aproximadamente 48h após o início do processo inflamatório. Os neutrófilos e macrófagos realizam um importante papel na recuperação do músculo provocando auxílio na remoção e ativando as células satélites durante o processo de recuperação. Seguindo, há um aumento da pressão intracelular devido ao influxo de proteínas em razão do aumento da permeabilidade dos vasos sanguíneos (FRIDÉN et al. 1986), o que cria estímulos para receptores de dor dando início a outro processo resultante de DM: a DMT. O processo inflamatório é de grande importância para estimular a regeneração muscular, o DM induzido pelo exercício é reparado entre 2 e 10 dias após o exercício dependendo do volume e intensidade do exercício (Clarkson e Hubal 2001).

O processo resultante do DM é a diminuição da capacidade de produção de força do indivíduo. A produção de força tem início em processos cerebrais centrais onde uma gama de potenciais de ação são transmitidos pela coluna vertebral, chegando até as células musculares, provocando a excitação das mesmas por meio de transmissão pela junção neuromuscular. Nas células musculares os potenciais de ação são conduzidos pela membrana celular e internamente pelos túbulos T. Os detectores de alteração de voltagem acionam a liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático. O Ca^{2+} então une-se à troponina e inicia o processo de formação de pontes cruzadas levando ao desenvolvimento de tensão muscular (Morgan e Allen 1999). Sendo assim, uma falha em qualquer processo diminui a capacidade de produção de força do indivíduo. Vários trabalhos observaram significativos decréscimos na capacidade de produção de força do indivíduo imediatamente após protocolos que envolveram contrações excêntricas bem como nos dias posteriores ao protocolo de exercício (Nosaka e Newton 2002; NOSAKA et al. 2005; CHEN et al. 2007; Kimberly et al. 2008; CHEN et al. 2009). A diminuição da capacidade de produção de força após protocolos excêntricos costuma ser uma das variáveis mais utilizadas e mais reprodutíveis para indicador indireto de dano muscular (Clarkson e Hubal 2001). Vários estudos já observaram decréscimos na produção de força isométrica, imediatamente após o protocolo excêntrico de exercício, bem como nos dias subsequentes. A queda na produção de força imediatamente após não se deve ao DM, mas sim à fadiga neuromuscular ou metabólica (Raastad e Hallen 2000; Proske e Allen 2005). Entretanto, a diminuição na capacidade de produção de força nos dias após o exercício é especulada ser causada pelo processo de DM. É pensado que o processo de DM prejudicaria a liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático, sendo assim a formação de pontes cruzadas e a subsequente

produção de força então prejudicada. Em alguns estudos realizados com animais (NEWMAN et al. 1983; WARREN et al. 1993; Balvana e Allan 1995) essa hipótese de que prejuízo na liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático prejudicaria a produção de força foi constatada, quando os autores observaram diminuição significativa na liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático.

A dor é entendida como lesão tipo I (SAFRAN et al. 1988), sendo que essa refere-se à dor muscular que ocorre em torno de 24h após uma atividade a qual o sujeito está desacostumado, ou quando a intensidade e o volume do exercício são alterados (BYRNE et al. 2004). É aceito que a dor muscular refere-se ao dano no tecido conectivo ou muscular, ou ao subsequente processo inflamatório (ARMSTRONG 1984; CLARKSON et al. 1992; NOSAKA et al. 2002). A dor muscular tende a se concentrar na parte mais distal do músculo em razão da maior concentração de receptores de dor muscular nessas regiões (NEWHAM et al. 1983; CHEUNG et al. 2003). A dor, como evidenciado na literatura (Newman et al 1983; Clarkson et al. 1992) apresenta seus maiores valores entre 48h e 72h após o exercício, e apresenta princípios de diminuição entre 96h e 120h após o exercício (CHEN ET AL. 2007). A avaliação dos níveis de DMT geralmente utiliza a palpação do músculo e escalas numéricas crescentes onde os menores valores são entendidos com “sem dor” e os maiores valores como “máxima dor”. Utilizando essas escalas de valores para prever o grau de dor Nosaka et al. (2005) e Chen et al. (2007; 2010) demonstraram que os maiores valores na escala foram apontados pelos sujeitos no período de 24h e 72 após o exercício e menores valores, referidos como menores níveis de dor, entre 96h e 120h após o exercício.

A análise do DM por imagem de ultrassonografia utiliza alterações na *echo-intensity* da imagem para observar indícios de dano induzido pelo exercício. A *echo-intensity* é a quantificação da mudança dos quadros de cinza em uma região de interesse do músculo (Chapman et al.2008). Essa alteração na quantidade de quadros refere-se ao DM. Os primeiros estudos que realizaram esse tipo de análise analisaram o dano em imagens obtidas por ressonância magnética. Nessas imagens, o dano muscular é representado por um aumento na intensidade do sinal (*T2 Relation time*) devido ao edema nas fibras musculares (Mair et al. 1992). Em um dos primeiros estudos a realizar esta análise, Shellock et al.(1991) observaram longo aumento da intensidade do sinal após um protocolo de exercício excêntrico. Nesta mesma lógica, após um protocolo de exercício excêntrico, Mair et al. (1992) encontraram correlação do aumento da intensidade do sinal com o pico de creatina cinase proteína relacionada ao dano muscular. Além disso, Takahashi et al. (1994) encontraram aumento da intensidade do sinal em conjunto com aumento da área de secção transversa do músculo, indicador indireto de dano muscular. Assim, as imagens obtidas por ressonância magnética podem auxiliar na observação do dano muscular (Clarksson e Hubal 2002). Um dos primeiros estudos a correlacionar DM observado por imagens de ressonância magnética com alteração na *echo-intensity* das imagens obtidas por ultrassonografia foi o de Clarksson e Nosaka (1995). Neste estudo, os autores puderam observar correlação entre as alterações no *T2 Relation Time* e da *echo-intensity*. Seguindo este estudo, Nosaka e Sakamoto (2000) também demonstraram correlação entre o DM induzido pelo exercício observado por imagens de ressonância magnética e ultrassonografia. Aumentos significativos na *echo-intensity* das imagens em conjunto com outros marcadores indiretos de DM também são observadas após protocolos de exercício excêntrico (NOSAKA et al.

2002a; NOSAKA et al. 2002). Nosaka et al. (2002a;2002b) e Chen et al. (2010) observaram aumentos significativos na *echo-intensity* das imagens obtidas dos músculos flexores de cotovelo por ultrassonografia, bem como nos níveis de creatina cinase nos dias quatro e cinco após um protocolo de exercício excêntrico. Sendo assim, visto sua correlação com alteração no *T2 Relation Time* e outros marcadores indiretos de lesão, a análise de DM induzido pelo exercício pode ser avaliada por meio de alterações *echo-intensity* das imagens obtidas por ultrassonografia.

As maiorias dos estudos que observaram o DM induzido pelo exercício utilizaram contrações excêntricas máximas (Nosaka e Newton 2002; CHEN et al. 2009). Contudo, durante a maioria das atividades físicas, como por exemplo, o treinamento de força não são realizadas contrações excêntricas máximas. Assim, é possível que esses estudos não representem a real magnitude do DM obtido após uma sessão de treinamento de força, bem como o período de recuperação desse dano induzido pelo treinamento.

OBJETIVO

Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi analisar o DM provocado por uma sessão de treinamento de força convencional, bem como o período de recuperação a esse protocolo de exercício em mulheres jovens destreinadas em força.

Objetivos específicos

1- Analisar as alterações na produção de força isométrica, circunferência do braço, dor muscular e na *echo-intensity* dos músculos flexores de cotovelo de mulheres jovens destreinadas em força, após uma sessão de treinamento de flexão de cotovelo.

2- Analisar a recuperação do dano muscular, induzido por uma sessão de treinamento de força convencional, nos músculos flexores de cotovelo de mulheres jovens destreinadas em força

MATERIAIS E MÉTODOS

PROBLEMAS DA PESQUISA

A partir dos argumentos descritos acima, levantamos a seguinte questão: 72h de recuperação é suficiente para que haja uma recuperação significativa do DM provocado por uma sessão de treinamento de força convencional?

Hipoteses:

H1: 72h é suficiente para que haja recuperação significativa do DM provocado por uma sessão de treinamento de força convencional.

H2: 72h não é suficiente para que haja recuperação significativa do DM provocado por uma sessão de treinamento de força convencional.

Definição das variáveis operacionais:**Variáveis dependentes**

-Treinamento de força convencional

Variáveis independentes

-Produção de força isométrica

-Circunferência do braço

-Espessura muscular

-Dor muscular tardia

--*Echo-intensity*

Delineamento da pesquisa

O presente estudo do tipo quase-experiemntal com um grupo dependente.

População:

A população do estudo é constituída de mulheres jovens destreinadas em força com idade entre 20 e 30 anos.

Amostra:

Seleção da amostra ocorreu por meio de cartazes e anúncios colocados na Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEF/UFRGS) ou também por contato telefônico. O tamanho da amostra foi

calculado através do programa PEPI versão 4.0. O “n” amostral foi calculado baseando-se nos estudos de

Nosaka e Newtont (2001;2002), Chen et al. (2007;2009) que avaliaram a produção de força isométrica, circunferência do braço, dor muscular e echo-intensity dos músculos flexores de cotovelo após uma sessão de exercício. Foi adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90% para todos os estudo utilizados. Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas dos estudos supracitados, os cálculos realizados demonstraram um “n” mínimo de 12 indivíduos. Sendo assim, foi estabelecido que nosso estudo fosse composto por no mínimo 12 indivíduos.

Os sujeitos foram informados a respeito do objetivo e procedimentos metodológicos do estudo, sendo entregue-lhes posteriormente um documento individual em que foi manifestado o interesse em fazer parte do estudo, devendo este ser assinado.

Critérios de inclusão:

- Ser do gênero feminino
- Ter entre 20 a 30 anos
- Não realizar treinamento de força há pelo menos 6 meses
- Não apresentar qualquer doença cardiovascular e/ou neuromuscular que inviabilize a execução do teste
- Não apresentar qualquer sintoma de dor na articulação do cotovelo e ombro que inviabilize a execução do teste.

Protocolos da Avaliação

Os indivíduos que participarão do estudo compareceram à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em sete dias diferentes para a realização das coletas conforme está descrito a seguir:

1ºDia: Foram apresentados os objetivos e os detalhes metodológicos do estudo, e posteriormente foi solicitada a assinatura do termo de consentimento e livre esclarecido.

2º Dia: foi realizado o teste de uma repetição máxima (1RM) de flexão de cotovelo com o braço dominante

3º Dia: Após o intervalo mínimo de 72h foi realizado o re-teste de 1RM com o braço dominante.

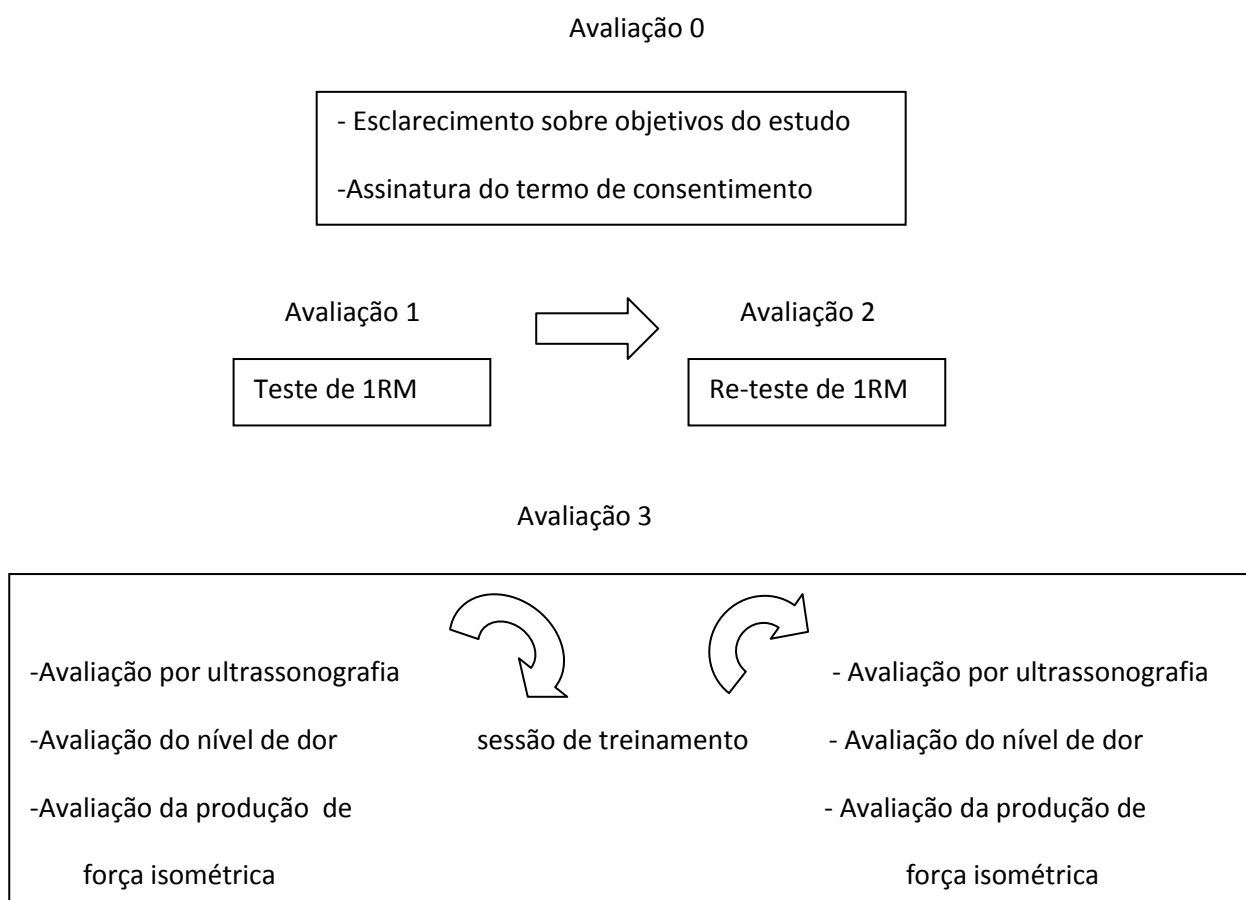
4º Dia: Sete dias após o re-teste de 1RM, foi realizada a sessão de treinamento apenas com o braço dominante, bem como a avaliação da produção de força isométrica, circunferência do braço, dor muscular e *echo intensity* das imagens obtidas por ultrassonografia da musculatura flexora de cotovelo, antes e imediatamente após a sessão de treinamento em ambos os braços: dominante e não dominante.

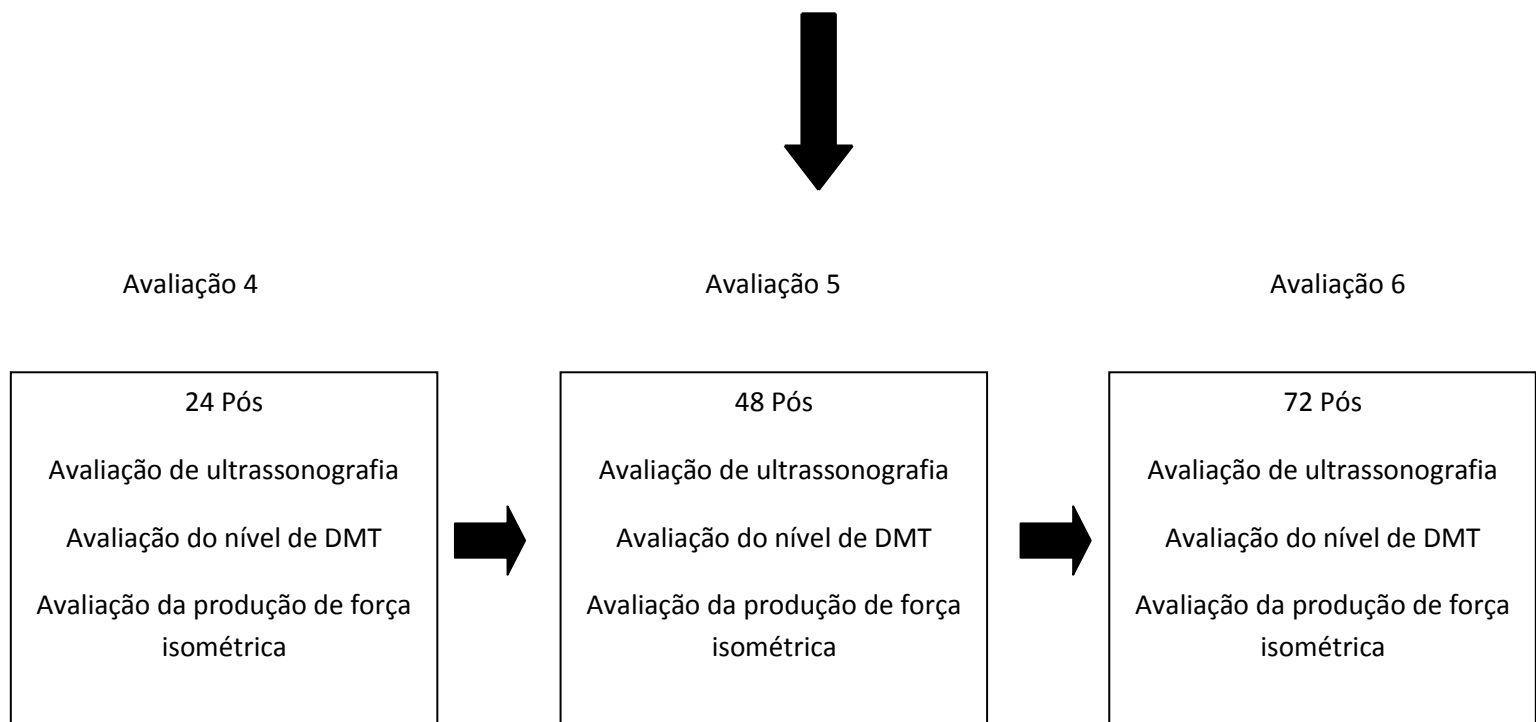
5º Dia: 24h após a sessão de treinamento foram repetidas as avaliações da produção de força isométrica, circunferência do braço, dor muscular e *echo intensity* das imagens obtidas por ultrassonografia da musculatura flexora de cotovelo em ambos os braços: dominante e não dominante.

6° Dia: 48h após a sessão de treinamento foi avaliada a produção de força isométrica, circunferência do braço, dor muscular e *echo intensity* das imagens obtidas por ultrassonografia da musculatura flexora de cotovelo em ambos os braços: dominante e não dominante.

7° Dia: 72h após a sessão de treinamento foram repetidas as avaliações da produção de força isométrica, circunferência do braço, dor muscular e *echo intensity* das imagens obtidas por ultrassonografia da musculatura flexora de cotovelo em ambos os braços: dominante e não dominante

Desenho experimental





Teste de uma repetição máxima (1RM)

O teste de uma repetição máxima (1RM) de flexão de cotovelo foi executado em um banco Scott por tentativa e erro, de modo unilateral, apenas com o braço dominante. Como procedimento padrão foi executada uma série de aquecimento com a carga de 50% do 1RM estimado pela massa corporal de cada indivíduo, utilizando-se um coeficiente gerado a partir de dados de nosso laboratório. Em seguida, a carga estimada foi utilizada para a primeira tentativa do teste.

Durante o teste os sujeitos permanecerão sentados com ambos os pés apoiados no chão. A altura do banco foi ajustada para cada sujeito de modo que a coluna esteja inclinada à frente, enquanto que a parte posterior dos braços e as axilas estejam apoiadas no banco. O teste iniciou com o braço dos sujeitos em uma flexão

de 10° (0° extensão total de cotovelo) e terminou quando o antebraço encostou na face anterior do braço. Cada repetição foi feita em 4 segundos, marcados por metrônomo digital da marca *Metronome* versão 4.0, sendo dois segundos utilizados para a fase concêntrica (flexão de cotovelo) e dois para a fase excêntrica (extensão de cotovelo) do movimento. Entre cada tentativa foi dado um intervalo de no mínimo cinco minutos e não mais do que 4 tentativas foram necessárias para determinar a carga de 1RM.

Todos os sujeitos foram instruídos a executar cada repetição do aquecimento com a máxima amplitude. Esta então foi marcada por um dos avaliadores de forma que durante o teste, cada sujeito executou a extensão de cotovelo até a amplitude máxima individual para que a repetição seja validada.

O teste de 1RM iniciou com a carga previamente estimada, se caso mais do que uma repetição fosse completada, a carga foi reajustada, com base nos coeficientes de correção de LOMBARDI (1989) e uma nova tentativa foi executada. Se o sujeito fosse incapaz de executar uma repetição a carga foi reduzida para uma nova tentativa. Os sujeitos realizarão o teste somente com o membro dominante.

A carga de 1RM (Kg) de cada indivíduo foi então determinada como a carga que o sujeito fosse capaz de levantar uma única vez, alcançando sua amplitude máxima de flexão e extensão de cotovelo e na cadência determinada.

Sessão de treinamento

A sessão de treinamento de flexão cotovelo foi realizada apenas com o braço dominante no mesmo banco Scott onde foi realizado o teste de 1RM. O

posicionamento e o ajuste do equipamento para cada sujeito foram os mesmos utilizados durante o teste de 1RM. Antecedendo a sessão de treinamento, cada sujeito realizou um aquecimento utilizando 50% do valor de 1RM e foram instruídos a realizar 10 repetições de flexão e extensão de cotovelo na mesma cadência do teste de 1RM. Após o aquecimento, cada sujeito realizou quatro séries de 10 repetições utilizando 80% de 1RM, sendo que entre cada série houve um período de recuperação de três minutos. Além disso, a cadência de cada repetição foi à mesma utilizada durante o teste de 1RM: dois segundos para fase concêntrica (flexão de cotovelo) e dois segundos para fase excêntrica (extensão de cotovelo). A cadência foi controlada por um metrônomo digital da marca *Metronome*, versão 4.0.

Avaliação da produção de força isométrica

O teste para avaliação da produção de força isométrica foi realizado com ambos os braços, o dominante e o não dominante, sendo que o teste sempre iniciou pelo braço dominante. Para a realização do teste foi utilizado um dinamômetro Cybex Norm (Ronkonkoma, NY, USA), o qual foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante. O teste foi realizado na posição de supino, com o ombro abduzido em 45°. O tronco foi estabilizado por um velcro de modo a evitar movimentos compensatórios de outros grupos musculares. Além disso, o centro de rotação do dinamômetro foi alinhado com o centro de rotação da articulação do cotovelo, o antebraço dos indivíduos foi posicionado na posição de supino (Mandalidis e O'Brien 2001). Os sujeitos foram instruídos a manter seu braço não utilizado no teste

junto ao corpo. A extensão total de cotovelo foi definida como 0°. O amplitude do teste foi de 0° de extensão e 130° de flexão de cotovelo. O comprimento *Elbow Adapter* foi ajustado para cada sujeito. Também foi realizada a correção da gravidade. O teste foi constituído de três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de duração de cinco segundos cada, no ângulo de 90°, sendo que entre cada contração houve um período de recuperação de cinco minutos para minimizar os efeitos da fadiga muscular.

Avaliação da circunferência do braço

Para avaliar a circunferência (CIRC) do braço, cada sujeito permaneceu deitado com o cotovelo estendido e o braço relaxado. Para a medição foi utilizada uma fita métrica, sendo que o ponto de mensuração da circunferência foi a oito centímetros acima da articulação do cotovelo. O ponto de mensuração da circunferência foi o mesmo em todos os momentos de avaliação, sendo demarcado por uma caneta demográfica.

Análise da Espessura Muscular

Para a análise da espessura muscular (EM) por ultrassonografia foi utilizada a mesma metodologia utilizada por Nosaka e Newton (2002), Chapman et al. (2008), e Chen et al. (2009). Para a obtenção das imagens foi utilizado um aparelho de ultra-sonografia (Philips, VMI, Lagoa Santa, MG, Brasil), sendo a imagem obtida em B-modo. Durante a obtenção da imagem, os sujeitos permaneceram deitados com o membro avaliado estendido e relaxado. Um

transdutor com frequência de amostragem de 7,5MHz foi posicionado de forma perpendicular sobre os músculos avaliados. Para a aquisição da imagem foi utilizado um gel à base de água, que promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão com o transdutor sobre a pele. Em cada imagem foi identificado o tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo, sendo a distância entre esses tecidos definida como a EM.

Análise da dor muscular

Para quantificação de dor muscular será utilizada a metodologia utilizada por CHEN et al. (2007; 2010). O nível de DMT de cada sujeito será avaliado usando uma escala visual de 100mm de comprimento, onde uma extremidade (0mm) representa “sem dor” e outra (100mm) representa “muita dor”. Os sujeitos foram solicitados marcar na escala o nível de DMT após realizarem o movimento de flexão e extensão, bem como após a palpação da musculatura flexora de cotovelo.

Análise de dano muscular por ultrassonografia

Análise de DM por ultrassonografia foi realizada a partir da metodologia utilizada por Nosaka e Newton (2002) CHAPMAN et al. (2008) e CHEN et al. (2009). Para a obtenção das imagens foi utilizado aparelho de ultra-sonografia (Philips, VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil), sendo a imagem obtida em B-modos. Durante a obtenção da imagem, os sujeitos permanecerão deitados com o membro avaliado estendido e relaxado. Um transdutor com frequência de amostragem de 7,5MHz foi posicionado de forma perpendicular sobre os músculos

avaliados. Para a aquisição da imagem foi utilizado um gel à base de água, que promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão com o transdutor sobre a pele. Após a identificação do tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo na imagem do ultrassom, essa foi salva para análises subsequentes. Foram obtidas três imagens dos flexores de cotovelo do braço dominante e não dominante. O local de obtenção dessas imagens foi entre quatro e oito centímetros acima do cotovelo, seguindo a proposição de CHEN et al. (2010).

Tratamento dos valores produção de Força isométrica

Os valores de produção de força isométrica (Nm) de flexão de cotovelo serão fornecidos pelo *software* do dinamômetro (HUMAC2004).

Tratamento dos valores de Espessura muscular

Para o tratamento dos valores de EM foi utilizada a mesma metodologia descrita por Nosaka e Newton (2002), Chapman et al. (2008), e Chen et al. (2009). Cada imagem obtida foi digitalizada e posteriormente analisada no *software image j*. Em cada imagem foi identificado o tecido ósseo e subcutâneo, sendo a distância eles definida com a EM.

Tratamento dos valores de dor muscular

Para tratamento dos valores de dor foi utilizada a metodologia descrita por CHEN et al. (2007). Cada sujeito marcou em uma escala visual analógica de 50mm, onde 0mm representa “sem dor” e 50mm “dor máxima”

Tratamento do DM por imagem de ultrasonografia

Para tratamento do DM por imagem, foi utilizada a mesma metodologia utilizada por CHAPAMAN et al. (2008). Cada imagem foi digitalizada e analisada no *software Image j*. Em cada imagem foi delimitado uma região de interesse no músculo onde foi avaliada a alteração *echo-intensity* nos períodos pré, imediatamente após, 24h, 48h e 72h após a sessão de treinamento.

Tratamento dos valores de 1RM

O valor de 1RM (Kg) de flexão de joelho que será utilizado para as análises será a maior carga que os sujeitos conseguirem levantar uma única vez na cadência correta.

INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS:

Banco Scott

O teste de 1RM e sessão de treinamento de flexão de cotovelo serão realizados em banco *Scott* da marca World-Sculptor (Porto Alegre, RS)

Dinamômetro Isocinético

O teste para avaliação da produção de força isométrica de flexão de cotovelo será executado em um dinamômetro isocinético da marca Cybex (Ronkokoma, NY).

Fita métrica

Para avaliação da circunferência do braço com utilizado uma fita métrica com resolução de 1cm

Escala de Dor Muscular

Para avaliação da DMT será utilizada uma escala visual analógica onde valor 0mm representará “sem dor” e valor de 50mm representará “dor máxima”

Ultrassom

A avaliação do DM muscular será feita em um aparelho ultrasonografia da marca Philips (VMI, Indústria e Comércio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos dados foi utilizada estatística descritiva (média e desvio padrão). Para verificar sua normalidade será realizado o teste de Shapiro-Wilk. Caso os dados não apresentassem normalidade foi feito o procedimento de retirada de *outliers*, se necessário. Para analisar diferenças significativas nas variáveis indiretas de DM nos período de pré, imediatamente, 24h, 48 e 72h após o exercício, foi utilizado o teste ANOVA *one-way* e o teste de post-hoc LSD. Para analisar a existência de diferença significativa nos marcadores indiretos de DM entre o braço dominante e braço não dominante no período pré, imediatamente, 24h, 48h e 72h após o exercício foi utilizado o *student t-test*.

RESULTADOS

Produção de força isométrica: A queda nos valores de produção de força no braço dominante variou entre 16% e 12% nos momentos após protocolo de exercício (0h=16%; 24h=12%; 48h=14%; 72h=15%). Os resultados do presente estudo revelaram diferença significativa ($p<0,05$) no braço dominante entre os valores obtidos no momento pré e os valores obtidos nos momentos 0h, 24h, 48h e 72h após exercício (Figura 1). Não houve diferença significativa entre momentos no braço não dominante. Os resultados também demonstraram que houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os braços dominante e não dominante nos momentos 0h, 24h, 48h e 72h.

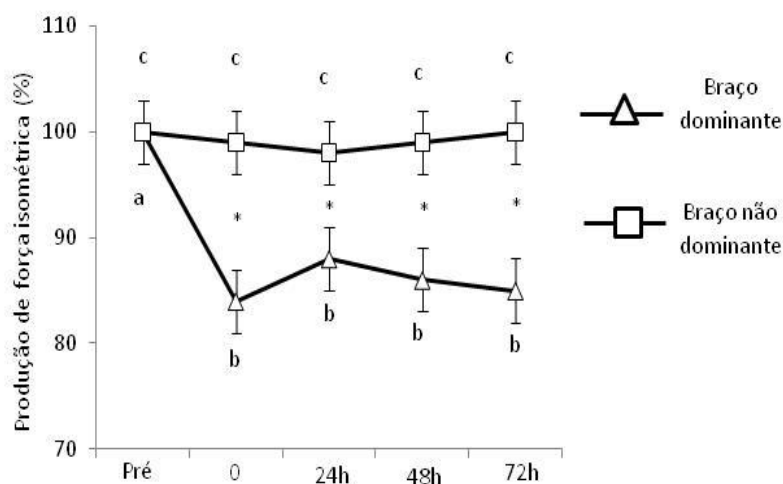


Figura 1. Produção de força isométrica; letras diferentes representam diferença significativa ($p<0,05$) entre os momentos em cada braço; *diferença significativa ($p<0,05$) no momento entre os braços dominante e não dominante

Circunferência: Foi observado um incremento de 2% a 3% na CIRC do braço dominante (0h=2% e 24h=2%; 48h e 72h=3%) nos momentos após o exercício. Houve diferença significativa ($p<0,05$) entre o valor pré e os valores encontrados nos momentos 0h, 24h, 48h e 72h no braço dominante (figura 2). Não houve alteração na medida de CIRC do braço não dominante entre nenhum momento avaliado.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os braços, dominante e não dominante nos momentos 0h, 24h, 48h e 72h.

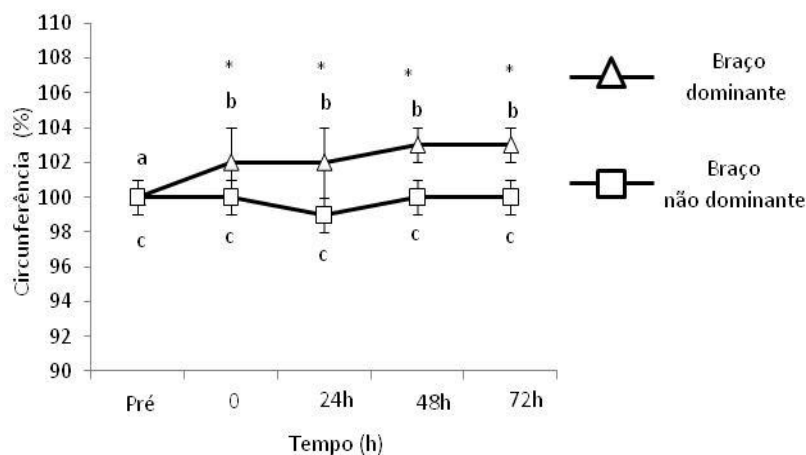


Figura 2. Circunferência do braço; letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os momentos em cada braço; *diferença significativa ($p < 0,05$) no momento entre os braços dominante no momento e não dominante

72h=2%) foram encontrados no braço dominante após o exercício. Os valores do braço dominante (figura 4) demonstraram diferença significativa ($p < 0,05$) entre o valor de EM obtido pré e todos os valores obtidos pós protocolo no braço dominante, ainda o valor obtido no momento 0h diferiu de maneira significativa ($p < 0,05$) dos demais momentos pós exercício. Não houve variação no valor de EM do braço não dominante em nenhum momento. Houve diferença significativa entre os braços dominante e não dominante nos momentos 0h, 24, 48h e 72h.

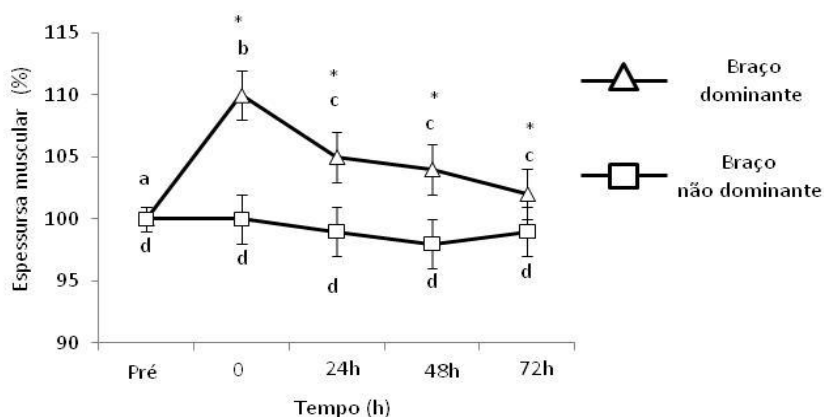


Figura 3. Espessura muscular; letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os momentos em cada braço; *diferença significativa ($p < 0,05$) nos momentos entre os braços dominante e não dominante

Dor muscular: Um aumento de 49% a 1% (0h= 1%; 24h= 49%; 48h=31%; 72h=17%) no nível de dor muscular foi observado no braço dominante nos momentos após o protocolo de exercício. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o valor pré e os valores obtidos 24h e 48h após no braço dominante. Ainda foi observada diferença significativa entre o momento 24h e 48h(figura 3). Não houve diferença significativa entre os momentos no braço não dominante. Foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os braços, dominante e não dominante nos momentos 24h, 48h pós.

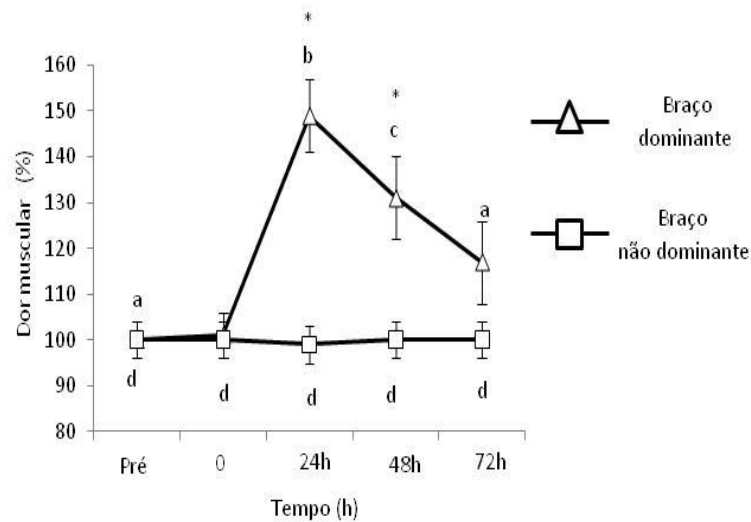


Figura 4. Dor muscular; letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os momentos em cada braço; *diferença significativa ($p < 0,05$) no momento entre os braços dominante e não dominante

Echo intensity: Houve aumento de 6% e 14% (0h=0%; 24h=6%; 48h=11%; 72h=14%) na *echo intensity* do músculo bíceps braquial do braço dominante após o exercício. Os valores do bíceps braquial do braço dominante demonstraram diferença significativa ($p < 0,05$) entre o momento pré e os momentos 24h, 48h e 72h (Figura 5A). Já os valores de *echo intensity* do músculo braquial do braço dominante demonstraram incrementos de 2% a 5% (0h=0%; 24h=2%; 48h=4%; 72h=5%). Houve diferença significativa ($p < 0,05$) no braço dominante apenas entre os valores pré exercício e o valor de 48h e 72h (figura 4B). Para ambos os músculos no braço não dominante não houve diferença significativa na *echo intensity* entre nenhum momento. Diferença significativa ($p < 0,05$) na *echo intensity* entre o braço dominante e não dominante para ambos os músculos bíceps braquial e braquial foi observada nos momentos 24h, 48h e 72h.

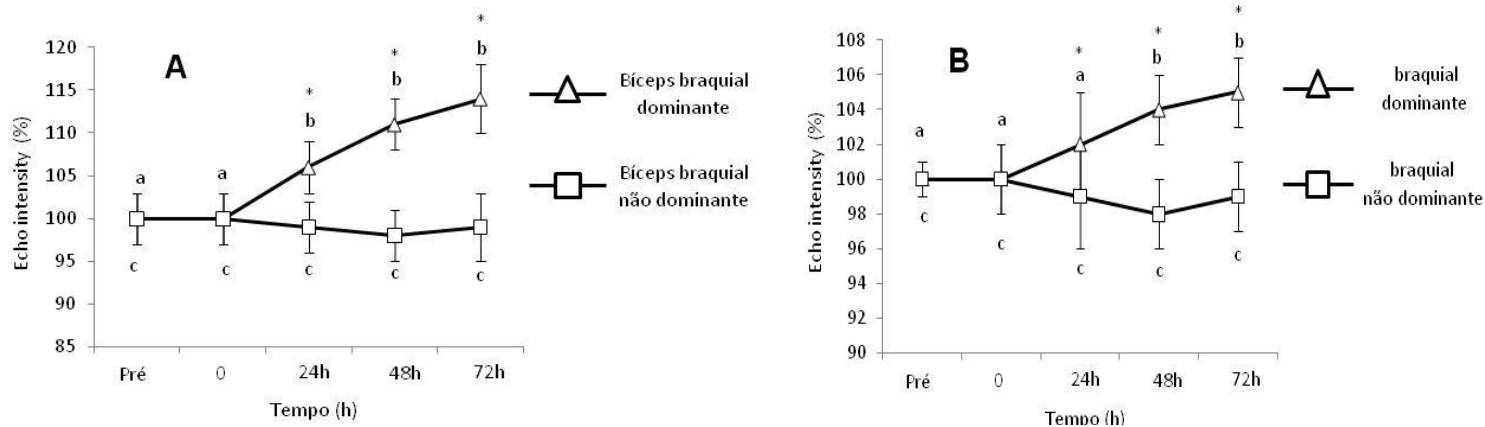


Figura 5. *Echo intensity* ; letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os momentos em cada braço; *diferença significativa ($p < 0,05$) no momento entre os braços dominante e não dominante em

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que o período de 72h de recuperação não foi suficiente para promover a recuperação do DM causado por um protocolo de quatro séries de 10 repetições de flexão de cotovelo com 80% de 1RM em mulheres jovens destreinadas em força.

A maior consequência do DM é a prolongada redução na capacidade de produção de força dos indivíduos, sendo que essa é utilizada como um dos mais reprodutíveis indicadores de dano (Warren et al. 1999; Byrne et al. 2004). A queda na produção de força imediatamente após o exercício não se deve exclusivamente ao DM, mas também à fadiga periférica (Raastad e Hallen 2000; Proske e Allen 2005). Porém a diminuição prolongada na capacidade de produção de força parece ser consequência do DM. Essa prolongada diminuição na produção de força se deve também a um prejuízo na relação-excitação contração, onde menos Ca^{2+} é liberado

do retículo sarcoplasmático por potencial de ação (Ingalls et al. 1998; Proske e Allen 2005). A redução na capacidade de produção de força observada em nosso estudo em todos os momentos após o protocolo de exercício (12-16%) foi menor do que a observada por outros autores (Nosaka e Sakamoto 2000; Nosaka et al. 2004; Chen et al. 2009). Essa diferença pode ter ocorrido em função do nosso estudo ter utilizado um protocolo de exercício com menor volume e intensidade das contrações excêntricas. Entretanto, nosso protocolo de exercício tem uma maior proximidade com o treinamento de força tradicional, pelo volume utilizado e sobretudo, pelas contrações excêntricas sub-máximas realizadas, já que durante o treinamento de força tradicional são realizadas contrações sub-máximas. Assim, os estudos que utilizaram contrações excêntricas máximas podem não representar o real dano causado por uma sessão de treinamento de força.

O aumento na CIRC bem como na EM também demonstram que 72h de recuperação foi insuficiente para a recuperação completa ao protocolo de exercício. O aumento na CIRC e EM são resultado de DM e do processo inflamatório (Chen et al. 2008). Sendo assim, os resultados demonstram que para mulheres jovens destreinadas em força 72h de recuperação não foram suficiente para observar recuperação adequada do processo inflamatório.

A dor muscular é amplamente utilizada com um indicador indireto de dano (Cheung et al. 2003; Chen et al. 2009). O pico de dor geralmente é observado nos períodos de 24h a 48h após o exercício (Newman et al 1983; Clarkson et al. 1992), como constatado em nossos resultados. O fato dos sujeitos terem apresentado recuperação significativa na dor no período de 72h, mesmo ainda sendo encontrado DM a partir dos marcadores indiretos, pode ser em decorrência do fato do nível dor

não refletir a magnitude do DM resultado do exercício (Warren et al. 1999; Nosaka et al. 2002).

A elevação nos valores de *echo intensity* tem sido referida na literatura como um indicador de dano após um protocolo de exercício (Nosaka e Clarkson et al. 1996; Nosaka e Sakamoto 2000; Fujikake et al. 2008). O aumento na *echo intensity* está associado a um aumento no espaço intersticial entre as fibras, que é resultado do edema muscular (Fujikake et al. 2008). Os achados do presente estudo demonstraram que 72h após o protocolo de exercício ainda foi observado uma elevação no valor de *echo-intensity* (2-16%) em ambos os músculos flexores de cotovelo. Contudo, a elevação nos valores de *echo-intensity* do bíceps braquial e do braquial também foram menores em relação a outros estudos (Nosaka et al. 2004; Chen et al. 2009), possivelmente também pelo fato do menor volume e intensidade utilizado no presente estudo. Mesmo não sendo o objetivo do estudo, em nossos resultados podemos observar que o músculo bíceps braquial, em relação ao braquial, apresentou uma maior elevação na *echo intensity* (Figura 4A e B). Diferentes propriedades na arquitetura muscular desses músculos pode ter ocasionado essa diferença nos valores de *echo intensity*. Futuros estudo utilizando eletromiografia de profundidade que pudessem explicar a diferença na ativação e no DM desses músculos podem colaborar no entendimento do por que dessa diferença no dano observada em nosso estudo.

Nosso estudo não foi o primeiro a observar o período de recuperação após uma sessão de treinamento de força em mulheres destreinadas em força. Häkkinen et al. (1995) observaram que após 48h mulheres destreinadas ainda não havia recuperado completamente a capacidade de produção de força. Esse estudo em conjunto com nossos resultados corrobora com a informação de que treinos,

sobretudo na fase inicial do período de treinamento muito devido a componente excêntrico, podem exigir um maior período de recuperação (Kraemer e Ratamess 2004). O fato de ainda ser observado prejuízos, em razão do DM, na função neuromuscular 72h após um protocolo de treinamento de força convencional pode ter importantes implicações na sessão seguinte de treinamento. Pois, em virtude da diminuição na capacidade de produção de força, o sujeito pode não ser capaz de realizar o volume total da sessão, sendo que esta variável tem importante influência nas adaptações neuromusculares (Kraemer e Ratamess et al. 2004; Wernbom et al. 2007). Assim, é possível que de maneira crônica realizar a sessão seguinte com indícios de dano seja prejudicial às adaptações neuromusculares. Isso pode ser uma explicação para o fato de alguns estudos terem encontrado superioridade nos ganhos de força e hipertrofia, quando o número de sessões não ultrapassou o número de duas vezes na semana (Hunter 1985; Gravess et al. 1998; Hunter 2005). Entretanto, mesmo as contrações excêntricas, sendo responsáveis em grande parte pelo DM (Jones et al. 1989; Gibala et al. 2000), a realização delas são importantes para o processo de adaptação, pois há evidências de que as contrações excêntricas aumentam a ativação da mitogen-activated protein kinases, a qual está relacionada à síntese protéica no músculo, e o DM em resultado das contrações excêntricas, parece ser responsável pela ativação das células satélites (Martineau e Gardiner 2001; West et 2010), sendo que esses os dois mecanismos estão intimamente relacionados a hipertrofia.

CONCLUSÃO

Como conclusão do presente estudo foi observado que 72h de recuperação após um protocolo de treinamento de força convencional não foram suficientes para promover uma recuperação significativa nos músculos flexores de cotovelo de mulheres jovens destreinadas em força. Os resultados chamam a atenção para um maior cuidado com o período de recuperação entre as sessões, sobretudo no período inicial de treinamento. Porém, futuros estudos são necessários para observar se de maneira crônica realizar a sessão seguinte de treinamento com indícios de dano pode provocar prejuízos nas adaptações neuromusculares.

REFERÊNCIAS

1-Allen, D., G., Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. **Acta physiologica scandinavica**. (2001) vol. 171, pp. 311-19.

2-Armstrong, R., B., Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine in Science and Sports and Exercise**. (1984), vol.16, pp. 529-538.

3-Armstrong, R.,B., Initial events in exercise-induced muscular injury. **Medicine in Science and Sports and Exercise**. (1990) vol 22, pp. 429–35.

4-Balnave, C., D., Allen. D., G., Intracellular calcium and force in single mouse muscle fibres following repeated contractions with stretch. **Journal of Physiology**. (1995), Vol. 488, pp. 25-36.

5-Byrne, C., Twist, C., Eston, R., Neuromuscular Function After Exercise-Induced Muscle Damage: Theoretical and Applied Implications. **Sports medicine**. (2004), vol. 34, pp. 49-69.

6-Dale W. Chapman, D., W., Newton, M., McGuigan, M., R., Nosaka, K., Comparison between old and young men for responses to fast velocity maximal lengthening contractions of the elbow flexors. **European journal of applied physiology**. (2008), vol.104, pp.531-539.

7-Chapman, D., W., Newton, M., R., Nosaka, K., Comparison between old and young men for responses to fast velocity maximal lengthening contractions of the elbow flexors. **European journal of applied physiology** (2002) vol.104, pp.531-539.

8-Chen, T.,C., Chen, H., Lin, M., Wu, C., Nosaka, K., Potent Protective Effect Conferred by Four bouts of Low-Intensity Eccentric Exercise. **Medicine in Science and Sports and Exercise**. (2010), vol.

9-Chen, T.,C., Chen, H., Lin, M., Wu, C., Nosaka, K., Muscle damage responses of the elbow flexors to four maximal eccentric exercise bouts performed every 4 weeks. **European journal of applied physiology**. (2009) vol. 106, pp. 267-275.

10-Chen, T., C., Nosaka, K., Sacco, P., Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle, and the magnitude of repeated-bout effect. **European journal of applied physiology**. (2007) vol.102, pp.992-999.

11-Cheung, K., Hume, P., A., Maxwell, L., Delayed Onset Muscle Soreness Treatment Strategies and Performance Factors. **Sports medicine.** (2003), vol.33, pp.145-164.

12-Clarkson, M., P., Hubal, M., J., Are women less susceptible to exercise-induced muscle damage? **Clinical Nutrition and Metabolic Care** (2001), vol. 4, pp.527-531.

13-Clarkson, M., P., Hubal, M., J., Exercise-Induced Muscle Damage in Humans. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation.** (2002), vol.

14-Clarkson, P., M., Sayers, S.,P., Etiology of exercise-induced muscle damage. **Canadian Journal of Applied Physiology.** (1999) vol. 24, pp. 234–48.

15-Clarkson, P.,M., Nosaka, K., Braun, B., Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Medicine in Science and Sports and Exercise.** (1992), vol. 24, pp. 512–520.

16-Cutlip, R., G., Baker, B., A., Hollander, M., Ensey, J., Injury and adaptive mechanisms in skeletal muscle. **Journal of Electromyography and Kinesiology.** (2007), Vol. 19, pp.358-272.

17-Edman, K.,A.,P., Elzinga, G., Noble, M.,I.,M., Enhancement of mechanical performance by stretch during titanic contractions of vertebrate skeletal muscle fibres. **Journal of physiology.** (1978), vol. 281, pp. 139-155.

18-Enoka, R., M., Eccentric contractions require unique activation Strategies by the nervous system. **Journal of applied physiology.** (1996), vol. 81, pp. 2339-2346.

19-Faulkner,J., A., Brooks,S., V., Opiteck, J.,A., Injury to skeletal muscle fibres during contractions: conditions of occurrence and prevention. **Physical Therapy.** (1993) vol.73, pp. 911-921.

20-Friden, J., lieber, R., L., Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. **Acta physiologica scandinavica.** (2001), vol. 171, pp. 321-326.

21-Friden, J., Sjostrom, M., Ekblom, B., A morphological study of delayed muscle soreness. **Experientia.** (1981), vol. 37, pp. 506–507.

22-Friden, J., Sjostrom, M., Ekblom, B., Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. **International Journal of Sports Medicine.** (1983), vol. 4, pp170–6.

23-Friden, J., Sfakianos, P.,N., Hargens, A.,R., Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. **Journal of applied physiology**.(1986), vol. 61, pp. 2175-2179.

24-Fujikake, T., Hart, R., Nosaka, K., Changes in B-Mode ultrasound echo intensity following injection of bupivacaine hydrochloridatorath to rat in limb muscles in relation to histologic changes. **Ultrasound in Medicine and Biology**. (2009). Vol.35, pp.687-696.

25-Gibala, M., J., Interisano, S., A., Tarnopolsky, M., A.,Roy, B., D., Mcdonald, J., R., Yarasheski, K., E., MacDougall, J., D., Myofibrillar disruption following concentric and eccentric resistance exercise in strength trained men. **Canadian Journal of Physiology and pharmacology**. (2000), vol.78, pp.656-661.

26-Graves, J., E., Pollock, M., L., Leggett, S., H., Braith, R., W., Carpenter, D., M., Bishop, E., Effect of reduced training frequency on muscular strength. **International Journal of Sports Medicine**. (1998), vol. 9, pp.316–319.

27-Häkkinen, K., N., Neuromuscular fatigue and recovery in women at Different ages during heavy resistance loading. **Electromyography Clinical Neurophysiology**. (1995), vol. 35, pp.403–413.

28-Hortobagyi, T., Houmard, J., Fraser, D., Dudek, R., Lambert, J., Tracy, J., Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. **Journal of applied physiology**. (1998), vol. 84, pp. 492-498.

29-Hough, T., Ergographic studies in muscular soreness. **American Journal of Physiology**. (1902), vol. 7, pp. 76–92.

30-Hunter, G., R., Changes in body composition, bodybuild, and performance associated with different weight training frequencies in males and females. **NSCAJ**. (1985), Vol.7, pp.26–28.

31-Ingalls, C., P., Warren, G., L., Williams, J., H., Ward, C., W., Armstrong, R., B., E-C coupling failure in mouse EDL muscle after in vivo eccentric contractions. **Journal of applied physiology**. (1998), Vol. 85, pp. 58-67.

32-Jones, K., Hunter, G., Fleisig, G., Escamilla, R., Lemak, L., The effects of compensatory acceleration on upper-body strength and power in collegiate football players. **Journal of Strength and conditioning Research**. (1989), vol.13, pp. 99–105.

33-Jones, D., A., Newham. D., J., Round, J., M., Tolfree, E., J., Experimental human muscle damage: morphological changes in relation to other indices of damage. **Journal of physiology.** (1996), vol. 375, pp. 435-448.

34-Kraemer, W., J., Ratamess, N., A., Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. **Medicine in Science and Sports and Exercise.** (2004), vol

35-Kimberly, A., S., Hubal, M., J., Kearns, A., Holbrook, M., T., Clarkson, P., M., Sex Differences in Response to Maximal Eccentric Exercise. *Medicine in Science and Sports and Exercise.* (2008), vol.

36-Lavender, A., P., Nosaka, K., Fluctuations of isometric force after eccentric exercise of the elbow flexors of young, middle-aged, and old men. **European journal of applied physiology.** (2007), vol.100, pp.161-167.

37-Lieber, R., I., Friden, J., Muscle damage is not a function of muscle force but active muscle strain. **Journal of applied physiology** (1993) vol. 74, pp. 520-6.

38-Mair, J., Koller, A., Artner-Dworzak, E., Effects of exercise on plasma myosin heavy chain fragments and MRI of skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**. (1992), vol. 72, pp. 656–663.

39-Martineau, L., C., Gardiner, P., F., Insight in skeletal muscle mechanotransduction: MAPK activation is quantitatively related to tension. **Journal of Applied Physiology**. (2001), vol.91, pp. 693-702.

40-Newham, DJ., Jones, DA., Clarkson, PM., Repeated high-force eccentric exercise: Effects on muscle pain and damage. **Journal of Applied Physiology**. (1987), vol. 63, pp. 1381–6.

41-Newham, D., J., Milles, K., R., Quigley, B., M., Edwards, R., H., Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. **Clinical Science**. (1983), vol. 64, pp.55–62.

42-Nosaka, K., Clarkson, P., M., Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. **Medicine in Science and Sports and Exercise**. (1996) Vol.28, pp. 953-961.

43-Nosaka, K., Newton, M., Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. **Medicine in Science and Sports and Exercise.** (2001) vol.

44-Nosaka, K., Newton, M., Is recovery from muscle damage retarded by a subsequent bout of eccentric exercise inducing larger decreases in force? **Journal of Science and Medicine in Sport.** (2002), vol. 5. pp. 204-18.

45-Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P., Muscle damage and soreness after Endurance exercise of the elbow flexors. **Medicine in Science and Sports and Exercise.** (2002), vol.34, pp. 920-7.

46-Nosaka, K., Newton, M., Difference in the Magnitude of Muscle Damage Between Maximal and Submaximal Eccentric Loading. **Journal of Strength and conditioning Research** (2002), Vol. 16, pp.202-8.a

47-Nosaka, K., Lavender, A., Newton, M., Sacco, p., Muscle Damage in Resistance Training —Is Muscle Damage Necessary for Strength Gain and Muscle Hypertrophy? **International Journal of Sport and Health Science.** (2003) vol. 1, pp. 1-8.

48-Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P., Chapman, D., Lavender, A., Partial Protection against Muscle Damage by Eccentric Actions at Short Muscle Lengths. **Medicine in Science and Sports and Exercise**. Vol.

49-Nosaka, K., Sakamoto, K., Effect of elbow joint angle on the magnitude of muscle damage to the elbow flexors. **Medicine in Science and Sports and Exercise**. (2000), vol.

50-Proske., U., Morgan, D., L., Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. **Journal of Physiology**. (2003) Vol. 537, pp. 333–345.

51-Raastad, T., Hallen, J., Recovery of skeletal muscle contractility After high- and moderate- intensity strength exercise. **European journal of applied physiology**. (2000), vol. 82, pp. 206 - 214.

52-Richmond, S.,R., Godard, MP., The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. **Journal of Strength and conditioning Research** (2004) vol. 18, pp. 846-849.

53-Robinson, J., M., Stone, M., H., Johnson, R., L., Penland, C., M., Warren, B., J., Lewis, R., D., Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength,

power, and high intensity exercise endurance. **Journal of Strength and conditioning Research.** (1995), vol. (9), pp. 216-221.

54-Roth, S., M., Martel, G., F., Ivey, F., M., Lemmer, J., T., Tracy, B., L., Hurlbut, D., E., Metter, E., J., Hurley, B., F., Rogers, M., Ultrastructural muscle damage in young vs. older men after high-volume, heavy-resistance strength training. **Journal Applied physiology.** (1999), vol.86, pp. 1833-1840.

55-Safran, M.,R., Seaber, A.,V., Garrett, J.,W.,E., Warm-up and muscular injury prevention, an update. **Sports Medicine.** (1989), vol. 8, pp. 239-49

56-Salles, F.,S., Simão, R., Miranda, F., Novaes, J., S., Lemos, A., Willardson, J., M., Rest Interval between Sets in Strength Training. **Sports medicine.** (2009) vol. 39, pp. 765-777.

57-Smith, L., L., Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed on set muscle soreness? **Medicine in Science and Sports and Exercise.** Vol. 23, pp. 542–551.

58-Smith, M.,E., Jackson, C.,G.,R., Delayed onset muscle soreness (DOMS), serum creatine kinase (SCK) and creatine kinase- MB (%CK-MB) related to performance

measurements in football [abstract]. **Medicine in Science and Sports and Exercise.** (1990) vol. 22 Suppl. 2: S34.

59-Stupka, N., Tarnopolsky, M., A., Yardley, N.,J., Phillips, M., Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. **Journal Applied physiology.** (2001) vol.91, pp. 1669-1678.

60-Takahashi H, Kuno S, Miyamoto T, et al: Changes in magnetic resonance images in human skeletal muscle after eccentric exercise. **European Journal Applied Physiology Occupational Physiology.** (1994), vol. 69, pp. 408–413.

61-Warren, G.,L., Lowe, D.,A., Armstrong RB: Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Medicine.* (1999), vol. 27, pp.43–59.

62-Warren, G.,L., Lowe, DA., Hayes DA., Excitation failure in eccentric contraction-induced injury of mouse soleus muscle. **Journal of Physiology.** (1993), vol.99, pp 468-487.

63-Webber, S., Kriellaars, D., Neuromuscular factors contributing to in vivo eccentric moment generation. **Journal Applied physiology.** (1997), vol.83, pp. 40-45.

64-West, D., W., D., Burd, N., A., Staples, A., W., Phillips, S., M., Human exercise-mediated skeletal muscle hypertrophy is an intrinsic process. **The International Journal of Biochemistry and Cell Biology**. (2010), vol.42, pp.1371-1375.

Termo de consentimento

Termo de Consentimento Informado

Eu, _____, portador do número da identidade _____, concordo em participar do estudo, **“ANÁLISE POR IMAGEM DE ULTRASSONOGRRAFIA DO DANO MUSCULAR NOS FLEXORES DE COTOVELO DE MULHERES JOVENS”** que envolverá uma sessão de treinamento de flexão de cotovelo apenas com o braço dominante e avaliação por meio de ultrassonografia do dano muscular, avaliação da muscular tardia, da produção de força isométrica nos períodos: pré-sessão de exercício, imediatamente pós-exercício, 24h pós-exercício, 48h pós-exercício e 72h pós- exercício. Entendo que os testes que realizarem tem como objetivo avaliar o dano muscular nos músculos flexores de cotovelo causado por uma sessão de exercício, bem como o período de recuperação.

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido durante seis encontros sob a orientação do professor Ronei Silveira Pinto e pelo aluno de graduação Regis Radaelli e autorizo a realização dos seguintes procedimentos:

-Responder um questionário específico sobre informações pessoais, histórico de atividade física e saúde.

-Realizar o teste de 1repetição máxima (1RM) de flexão de cotovelo com o braço dominante

-Realizar o re-teste de 1RM de flexão de cotovelo do braço dominante

-Realizar uma sessão de exercício de flexão de cotovelo com o braço dominante contendo quatro séries de 10 repetições a uma intensidade de 80% do valor de 1RM.

-Realizar a avaliação do dano muscular por ultrasonografia, do nível de dor muscular tardia e da produção de força isométrica dos flexores de cotovelo no braço dominante e não dominante nos períodos: pré-sessão de exercício, imediatamente pós-exercício, 24h pós-exercício, 48h pós-exercício e 72h pós- exercício.

Eu entendo que durante os testes poderá haver riscos, desconfortos e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais de minha frequência cardíaca e pressão arterial durante o período de testes. Contudo, entendo que posso interromper os testes e deixar o estudo a qualquer momento, sob meu critério. Entendo que tenho a liberdade de recusar a participar ou retirar o consentimento em qualquer fase do estudo, sem sofrer penalização ou prejuízo, e que não haverá compensação financeira pela minha participação no estudo, assim como no caso de surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação. Também entendo que os dados relativos à minha pessoa serão confidenciais e disponíveis somente sob minha autorização escrita. Caso sejam publicados, os dados não serão associados a minha pessoa.

Eventuais dúvidas serão esclarecidas através do telefone (51) 81012359 pelo aluno Regis Radaelli ou pelo professor Ronei Silveira Pinto.

Entendo que, caso julgue ter havido a violação de algum dos meus direitos, poderei fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, pelo telefone (51)33083639. Estou ciente de que estará disponível uma linha telefônica para assistência médica de emergência 192, assim como o professor Ronei Silveira Pinto e o aluno Regis Radaelli se responsabilizarão por possível assistência pós-testes, quando necessário.

